

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EM STEEL FRAME: TECNOLOGIA, EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

SANTOS, Guilherme R.¹

SANTOS, Gustavo R.²

SILVA, Marcelo³

Universidade São Francisco

gustavoreissantos@hotmail.com

¹Guilherme dos Reis Santos, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista – SP.

²Gustavo dos Reis Santos, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista – SP.

³Professor Orientador Marcelo Silva, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista – SP.

Resumo. Este trabalho tem por objetivo analisar o sistema construtivo em *Steel Frame*, abordando suas vantagens tecnológicas, sua contribuição para a sustentabilidade e sua eficiência na construção civil. Para contextualização, o *Steel Frame*, também conhecido como construção a seco, caracteriza-se pelo uso de perfis de aço galvanizado que conferem leveza, resistência e flexibilidade ao sistema, oferecendo uma alternativa ao método tradicional de construção em alvenaria. Com o interesse crescente por práticas sustentáveis e a necessidade de maior eficiência energética nas edificações, o *Steel Frame* surge como uma solução viável para reduzir o desperdício de materiais, diminuir o impacto ambiental e acelerar o tempo de execução das obras. Dessa forma, este estudo contribui para a compreensão das potencialidades do *Steel Frame* como uma solução sustentável e eficiente, avaliando as principais vantagens e limitações, bem como sua capacidade para atender às demandas futuras do setor da construção, mediante práticas mais ecológicas e produtivas.

Palavras-chave: *Steel Frame*, construção civil, tecnologia construtiva, eficiência energética, sustentabilidade, desempenho.

Introdução

O *Steel Frame*, ou também denominado como *Light Steel Frame* (LSF) em aplicações que exigem estruturas mais leves, é um sistema construtivo que utiliza perfis de aço galvanizado para formar a estrutura principal de edificações, substituindo métodos tradicionais como alvenaria e concreto armado (RIBEIRO, 2024). Esse sistema é conhecido pela leveza, resistência, velocidade na execução, sustentabilidade, eficiência e produtividade, sendo amplamente utilizado em países como Estados Unidos e Japão, especialmente em construções residenciais e comerciais de pequeno a médio porte.

Com raízes na colonização do atual Estados Unidos, a história do *Steel Frame* se inicia com estruturas de madeira (*Wood Frame*) em um período o qual dominava as construções

com essas estruturas devido à abundância do material no território e à velocidade de montagem do sistema (UM BREVE, 2024).

Décadas após, por volta de 1930, o aço ganha notoriedade e perspectiva como uma alternativa à madeira, impulsionado pelas indústrias emergentes, como siderúrgicas, e pelos benefícios desse novo modelo, como maior resistência a intempéries.

No Brasil, a introdução do sistema se deu de forma mais tardia, próxima ao ano de 2000, com projetos de médio e alto padrão que buscavam romper barreiras culturais na construção civil. Paulatinamente, o sistema passou a conquistar novos públicos, expandindo-se, nos últimos anos, até mesmo para habitações populares, favorecido por sua eficiência, produtividade e sustentabilidade.

Para atribuir essa eficiência, destaca-se a resistência mecânica como um fator decisivo, resultante da escolha de materiais adequados para compor a estrutura, além da correta aplicação dos mesmos. Tendo em vista a especificidade técnica que cada componente está dimensionado a atender, a durabilidade e eficácia em diferentes regiões e as necessidades expostas são pautas de suma importância vinculadas às atribuições de cada camada.

Como efeito de uma aplicação correta desses materiais, atribuições como conforto térmico e acústico se tornam diferenciais em relação a modelos convencionais. Enquanto as construções em alvenaria, por exemplo, embora robustas, enfrentam desafios em isolamento acústico devido à sua densidade e espessura, o LSF proporciona um isolamento eficiente, minimizando a transmissão de ruídos. Além disso, a utilização de isolantes como lã de rocha e lã de PET no LSF resulta em uma menor transmitância térmica, promovendo um ambiente mais confortável em relação à alvenaria, que requer paredes mais espessas para alcançar resultados semelhantes (SOUZA, 2019).

Além disso, o sistema não apenas oferece um considerável conforto termoacústico, mas também alta segurança estrutural. Com sua resistência ao fogo, o *Steel Frame* proporciona tempo adequado para evacuação segura dos ocupantes, assegurando a integridade das edificações (GHESSI, 2024). Assim, o sistema se destaca pela confiabilidade e conformidade com as normas técnicas, reforçando sua viabilidade no setor da construção civil.

Outrossim, o emprego de perfis de aço galvanizado, que garantem uma estrutura leve, embora altamente resistente (BENVENUTTI, 2017), permite a aplicação de um revestimento com proteção contra corrosão, a fim de ampliar sua vida útil. Nesse sentido, se projetada corretamente, o sistema é capacitado em demonstrar mais resistência dentre as opções convencionais de construção.

Em termos de produtividade, o sistema é atrativo para aqueles que buscam por menor prazo, pois proporciona uma construção rápida e com considerável redução do efetivo em um canteiro de obras, em função da pré-fabricação do material.

Atrela-se, ainda, às questões de sustentabilidade. Ao entregar melhor rendimento e aproveitamento em relação ao sistema de alvenaria e concreto armado, o modelo apresenta uma menor pegada de carbono, um aspecto cada vez mais valorizado no mercado nacional e internacional.

Em contrapartida, o custo inicial elevado (em relação a métodos tradicionais), a demanda por mão de obra especializada e a falta de materiais próprios para construção em

LSF no mercado nacional são elementos que podem desestimular sua adoção. Isso, somado à desconfiança por alternativas não convencionais, explica a baixa procura pelo modelo.

De qualquer forma, é válido destacar que o sistema *Steel Frame* é uma abordagem inovadora e eficiente para a construção civil.

O objetivo deste artigo é analisar o desempenho desse sistema construtivo em diferentes aspectos, incluindo eficiência térmica e acústica, sustentabilidade, resistência estrutural, resistência a fogo e sua viabilidade. A partir dessa análise, busca-se avaliar a aplicabilidade e as vantagens do *Steel Frame* bem como seu potencial construtivo, considerando suas contribuições em durabilidade e eficiência.

Material e Métodos

Nesta abordagem, a investigação sobre o *Steel Frame* foi desenvolvida por meio de um acompanhamento em campo, visita à unidade fabril e pesquisa técnica.

Em primeiro momento, foi realizada uma análise prática diária das etapas construtivas de um estádio de futebol em *Steel Frame*, na cidade de Bragança Paulista/SP. Em simultâneo, no intuito de avaliar a eficiência térmica de sistemas construtivos, foram realizadas medições comparativas entre o sistema *Steel Frame* e alvenaria convencional. Sequencialmente, conduziu-se uma visita técnica a uma fábrica de *Steel Frame*, em Cotia/SP, visando entender os processos produtivos e as características do material. Somado a isso, foi realizada uma pesquisa com fontes técnicas especializadas com o objetivo de ratificar e aprofundar as informações coletadas. Por fim, foi preparado um *mockup* em *Steel Frame* para demonstração da composição da estrutura.

Sendo assim, a pesquisa envolveu tanto aspectos práticos, quanto teóricos, com foco nas propriedades e nas soluções construtivas do sistema. O objetivo foi compreender, a partir de uma perspectiva ampla, as vantagens do *Steel Frame* em termos de eficiência, resistência e sustentabilidade.

A composição do sistema *Steel Frame* foi analisada a partir de uma revisão bibliográfica e de monitorias técnicas. O estudo incluiu o acompanhamento da execução de um estádio de futebol, onde o sistema foi utilizado, permitindo uma análise direta das camadas e das etapas envolvidas na montagem das estruturas. Além disso, a visita à fábrica Tecnoframe foi crucial para entender o processo de fabricação e montagem dos perfis metálicos, o que contribuiu para a caracterização das propriedades do sistema e para a compreensão das técnicas empregadas na construção.

O processo construtivo foi outro aspecto central da pesquisa. O acompanhamento de todo o processo de construção foi realizado desde o início da obra. Esse acompanhamento foi complementado por uma pesquisa técnica que detalhou as etapas do processo construtivo, incluindo as características do *Steel Frame* e o que o tornam uma solução ágil e eficiente. A experiência prática permitiu uma compreensão ampla das vantagens da construção, especialmente em relação ao tempo de execução e à flexibilidade do sistema.

Em relação à resistência mecânica, o estudo envolveu uma análise das normas técnicas aplicáveis juntamente a apresentação realizada em visita à fábrica de LSF, que proporcionou informações sobre a durabilidade e a resistência dos materiais utilizados, especialmente dos

perfis de aço galvanizado. A galvanização do aço, por exemplo, foi destacada como uma das principais características do sistema, devido à proteção contra corrosão, aumentando a vida útil da estrutura. Somado a isso, foi feita uma análise das propriedades dos materiais usados para estudo de resistência ao fogo, buscando entender os mecanismos de proteção e a adequação dos componentes às normas de segurança.

A pesquisa também se concentrou na análise das propriedades térmicas e acústicas do *Steel Frame*. Para estudar a primeira, foram realizadas medições comparativas entre o *Steel Frame* e o sistema de alvenaria tradicional, utilizando o instrumento termo-hidro-sonômetro-luxímetro-anemômetro para medir as variações de temperaturas entre áreas internas e externas de ambos os sistemas. Além disso, um estudo técnico detalhou os materiais que contribuem para atingir a eficiência almejada. Quanto à segunda, a pesquisa envolveu uma análise das normas relacionadas e uma avaliação do desempenho do sistema *Steel Frame* em termos de isolamento sonoro. Embora determinada pesquisa não tenha envolvido medições diretas de som, foi possível identificar os materiais e as técnicas que ajudam a atenuar a propagação dos ruídos, especialmente nas paredes e nas camadas de isolamento.

Complementar ao apresentado, a análise da racionalidade e da sustentabilidade do *Steel Frame* foi realizada por meio de uma investigação que abordou os impactos ambientais desse sistema construtivo. O estudo focou nas vantagens em termos de economia de materiais, redução de desperdício e eficiência energética.

Por fim, quanto aos prazos e custos, foi conduzida uma análise detalhada que comparou o tempo de execução e os custos de construção do *Steel Frame* com os de sistemas tradicionais, como a alvenaria. A pesquisa destacou a economia de tempo proporcionada pelo uso do *Steel Frame*, além de sua capacidade de otimizar recursos e reduzir os custos totais de construção.

A metodologia utilizada para a coleta dos dados foi mista, combinando pesquisa bibliográfica, análise de normas técnicas, visita técnica e acompanhamento de obra. Nesse sentido, a visita à fábrica e o estudo em obra permitiram uma análise mais aprofundada das características do sistema *Steel Frame*, enquanto a pesquisa técnica forneceu o embasamento teórico necessário para compreender as propriedades e os benefícios dessa solução construtiva.

Resultados e Discussão

Composição

O *Light Steel Frame* é um sistema construtivo que adota sobreposição de camadas em sua constituição. Como o próprio nome sugere, o aço (*Steel*) é um dos elementos integrados à estrutura, mas não exclusivo. Um estudo conduzido por Thalita Santiago ([s.d.]) menciona que, posterior ao emprego dos perfis metálicos, serão instalados respectivamente: placas cimentícias ou OSB (*Oriented Strand Board*); isolante termoacústico (geralmente lã de PET ou lã de vidro, que trarão o conforto térmico e sonoro ao ambiente); membrana hidrófuga (repelindo umidade a qual a membrana está exposta); placas cimentícias ou *glasroc*; *base coat* (argamassa para regularização da parede); e acabamentos.

É válido ressaltar que diferentes tipos de ambientes exigem materiais específicos na execução, no caso de paredes de áreas úmidas serão necessárias placas de *drywall* RU (Resistente à Umidade), que possuem uma camada impermeabilizante; já ambientes com riscos elétricos, é recomendado instalar placas de *drywall* RF (Resistente ao Fogo), ideais para proteção contra chamas.

Santiago ([s.d.]) ainda reforça que a estrutura do telhado é composta por perfis metálicos, com fechamentos realizados por placas de OSB ou cimentícias. Após essa etapa, é necessário aplicar o revestimento e instalar as telhas conforme especificado no projeto elaborado.

Para compreensão, a empresa Barbieri (2020) clarifica que o painel de *Steel Frame* é o corpo do sistema construtivo, constituído por montantes do tipo U Enrijecido (perfil de aço em formato de "U" com bordas reforçadas, ou seja, com abas dobradas em suas extremidades para o aumento da rigidez) que são reforçados com perfis do tipo U (perfil com formato de "U" simples, sem as dobras enrijecidas), conforme apresenta a Figura 1. Os montantes desempenham a função de transmitir as cargas do telhado para a fundação por meio de suas almas, seções verticais da estrutura. Para garantir a linearidade das cargas verticais e evitar a excentricidade, é essencial que haja coincidência entre as almas dos montantes que formam a estrutura da cobertura, os dos andares superiores, às vigas do mezanino e os montantes do térreo.

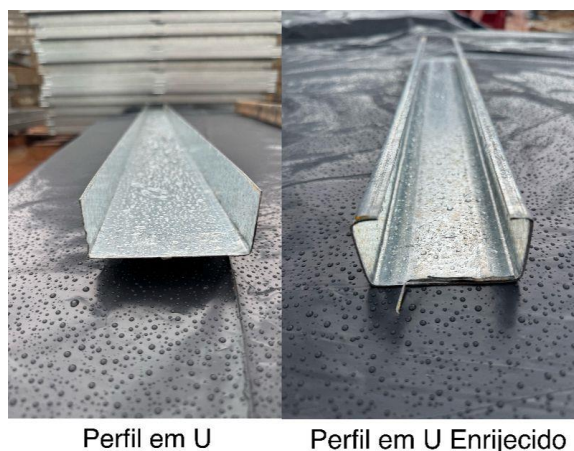


Figura 1 – Tipos de perfis metálicos para LSF (Fonte: Próprio autor).

Cabe mencionar que, antes de fixar os painéis na fundação, é necessária a aplicação da membrana impermeabilizante, como ilustrado na Figura 2, a qual irá proteger a estrutura contra a umidade do solo, impedindo infiltração de água e sua ascensão pelos perfis que, conseqüentemente, comprometeriam a integridade do aço. Ademais, essa membrana contribui para a prevenção da corrosão do aço, garantindo a durabilidade da construção ao longo do tempo.



Figura 2 – Membrana impermeabilizante instalada em estrutura de LSF (Fonte: Próprio autor).

Processo construtivo

A construção em Steel Frame, segundo Ana Claudia Thomaz (2023), envolve diversas etapas e componentes essenciais para garantir um processo eficiente, sustentável e com alta qualidade. O processo inicia-se com o projeto arquitetônico, que é fundamental para o desenvolvimento dos projetos estruturais, elétricos, hidráulicos e de interiores, estabelecendo as diretrizes e as especificações para a execução da obra.

Para que seja atendida a complexibilidade da formulação desses projetos, a seleção de mão de obra especializada é imprescindível, já que a precisão na execução do sistema depende de profissionais com experiência e conhecimentos técnicos.

Após o estudo do solo e os cálculos das cargas que a estrutura irá transmitir, inicia-se a execução da fundação. Embora o sistema seja flexível e possa ser adaptado a outros tipos de fundações, majoritariamente, opta-se pela do tipo radier (Figura 3), uma fundação rasa composta por uma laje que distribui as cargas de forma uniforme sobre o solo (THOMAZ, 2023). Nesse sentido, é executado, em primeira instância, a forma da fundação junto à disposição da infraestrutura hidráulica, a qual sucederá a armação da estrutura e, por fim, a concretagem.



Figura 3 - Execução de radier (Fonte: Próprio autor).

Outra etapa fundamental pertinente à fundação é a impermeabilização que, segundo Thomaz (2023), deve ser realizada ao longo de todo o seu perímetro e nas áreas onde os painéis das paredes serão instalados, a fim de proteger os perfis contra umidade.

Concluída a fundação, inicia-se a execução da estrutura com perfis de aço galvanizado, que podem ser cortados no canteiro de obras ou fornecidos prontos, conforme as especificações do projeto.

É válido frisar que, diante ao acompanhamento prático em obra, observou-se que, durante a execução da fundação, já é possível realizar a montagem dos painéis estruturais, o que proporciona um ganho significativo de tempo no cronograma. Esse método torna a construção mais eficiente, pois as peças são produzidas e montadas paralelamente às demais etapas civis. Dessa forma, assim que a fundação estiver concluída, os painéis poderão ser instalados de forma prática e rápida, como demonstra a Figura 4, onde os perfis, já fabricados, estão dispostos em obra.



Figura 4 - Perfis dispostos em obra (Fonte: Próprio autor).

Instalada a estrutura em aço com a membrana impermeabilizante, são aplicadas as mantas hidrófugas nas faces externas (Figura 5), responsáveis pela vedação da construção, impedindo o contato com umidade; e fita *flashing*, dedicada à estanqueidade das aberturas na estrutura (portas e janelas).



Figura 5 - Aplicação de manta hidrófoga na estrutura (Fonte: Próprio autor).

Em sequência, conforme Thomaz (2023), as paredes da estrutura são revestidas com placas específicas para construção a seco, como as placas cimentícias (Figura 6), *glasroc* e o sistema EIFS (Exterior Insulation Finish Systems). Além de servir como fechamento, essas placas externas contribuem para a resistência a cargas, como as provocadas por ventos e pelo telhado.

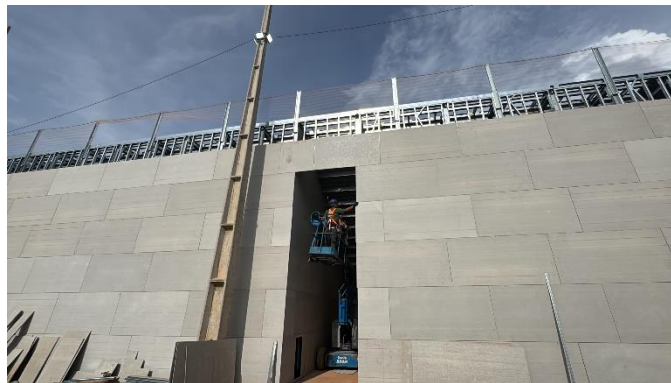


Figura 6 – Instalação de placas cimentícias na estrutura. (Fonte: Próprio autor).

Após o plaqueamento externo, inicia-se as instalações elétricas e hidrosanitárias, as quais são instaladas nos espaços naturalmente formados entre os perfis de aço e as chapas de fechamento, permitindo o planejamento mais eficiente para distribuição de canos e conduítes.

Consecutivo, será iniciado internamente o plaqueamento. Usualmente, utiliza-se o *drywall*, com placas de gesso acartonado comum (ST - Standard), Performa, Hábito ou placas RU (Resistente à Umidade), indicadas para áreas úmidas (THOMAZ, 2023).

Em sequência, Thomaz (2023) ainda afirma que, em coberturas, o telhado deverá ser projetado e executado visando suportar cargas de seu próprio peso, das telhas e componentes, além dos fatores naturais, como chuvas e ventos; e em forros, o sistema possibilita a instalação de diferentes opções, sendo o *drywall* o mais utilizado, não havendo diferenças no método de instalação em relação a sistemas construtivos tradicionais.

Finalizando com os acabamentos, as esquadrias (Figura 7) e revestimentos deverão ser definidos com base necessidades de cada projeto, não se limitando em relação à alvenaria, sendo compatíveis diversas opções em PVC (Policloreto de Vinila), madeira, ferro ou alumínio; e vinílicos, laminados, carpetes, porcelanatos, cerâmicos, granito, mármore, dentre outras, respectivamente.



Figura 7 – Instalação de esquadria na estrutura executada em Steel Frame (Fonte: Próprio autor).

Resistência Mecânica

A ABNT NBR 15253:2014 determina os requisitos gerais e métodos de ensaio para os perfis em LSF, estabelecendo que os perfis estruturais formados a frio devem ser fabricados com aço de qualidade estrutural, apresentando resistência mínima ao escoamento de 230 MPa.

Em complemento, a ABNT NBR 14762:2010 recomenda que os aços de qualificação estrutural devem apresentar uma relação entre resistência à ruptura e resistência ao escoamento (f_u/f_y) igual ou superior a 1,08. Essa relação tem como objetivo garantir a ductilidade do aço, uma propriedade essencial para sua deformabilidade. Caso a ductilidade seja reduzida, o material pode ter uma capacidade limitada de deformação, aumentando o risco de ruptura em vez de se deformar gradualmente.

Em relação às espessuras do aço, a ABNT NBR 15253:2014 estabelece uma espessura nominal mínima de 0,8 mm e máxima de 3,0 mm, incluindo o revestimento metálico. Vale ressaltar que, para o dimensionamento da estrutura, deve-se considerar a espessura do aço sem o revestimento metálico.

Na visita técnica conduzida na fábrica Tecnoframe, especializada em estruturas *Light Steel Frame*, foi acompanhado o processo de fabricação dos perfis metálicos, os quais chegam em bobinas de aço e posteriormente são convertidos em perfis metálicos através da perfiladeira (Figura 8), que irá, respectivamente, dobrar, furar, cortar e nomear o perfil. É relevante mencionar que são produzidos dois tipos de perfis: engenheirado e *stick*, conforme Figura 9. O engenheirado é um tipo de perfil de aço projetado e fabricado especificamente para desempenhar funções estruturais específicas, com precisão dimensional e cortes feitos sob medida para o projeto; o *stick*, um tipo de perfil de aço que vem em peças padronizadas, ou seja, em comprimentos e tamanhos pré-determinados, que são montados e ajustados no próprio canteiro de obras.

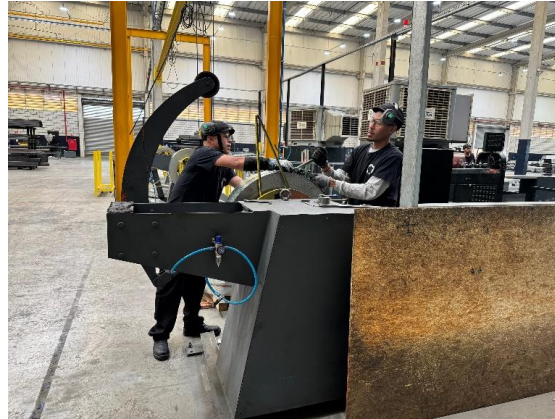


Figura 8 – Perfiladeira produzindo o perfil metálico (Fonte: Próprio autor).



Perfil Stick

Perfil Engenheirado

Figura 9 – Tipos de perfis metálicos fabricados (Fonte: Próprio autor).

Em relação aos requisitos de revestimento, todos os perfis utilizados devem ser galvanizados, garantindo assim, a proteção do aço base contra corrosão. A ABNT NBR 15253:2014 especifica as massas mínimas de revestimento do aço que serão feitas por imersão a quente: para o aço zincado, o revestimento mínimo em áreas urbanas e rurais é de 275 g/m², designado como revestimento Z275; e para ambientes agressivos e marinhos (distância menor que 2.000 m do mar) é necessário revestimento mínimo de 350 g/m² (Z350). Já para o aço revestido com alumínio-zinco, a massa mínima de revestimento é de 150 g/m², designada como Z150. Vale destacar que essas massas mínimas se referem ao total aplicado nas duas faces do material.

Eficiência Térmica

O isolamento térmico é formado por materiais que dissipam o calor, gerando uma resistência que isola as propriedades de temperatura. A principal função desses materiais isolantes é bloquear as variações térmicas, considerando a tendência de troca de calor nos materiais que compõe a edificação.

Marcelo Nudel ([s.d.]) expõe que a transferência de calor acontecerá por condução sempre que houver uma diferença de temperatura entre a face interna e a face externa de uma edificação. Essa diferença surge quando o lado externo é exposto ao Sol, absorvendo radiação e aquecendo o interior. Nessa perspectiva, um baixo nível de transmitância térmica indica que o material transmite menos calor, enquanto um nível alto, mais.

Ainda segundo Nudel ([s.d.]), a ABNT 15575-3:2013 utiliza um método prescritivo que, dentre outras derivações, define o valor de transmitância máxima permitido para um componente de parede. Nesse viés, o índice de absortância irá indicar a quantidade de calor que a parede externa irá absorver. Para cálculo, utiliza-se a fim de obter o valor da transmitância térmica: $U = 1/R$ em que U representa a transmitância térmica ($W/m^2 \cdot K$); e R , resistência térmica total do elemento composto por camadas ($m^2 \cdot K/W$).

Para obter a resistência térmica dos elementos da estrutura, emprega-se: $R = e/\lambda$ em que R representa a resistência; e , a espessura do material, em metros; e λ , a condutividade térmica do material ($W/K \cdot m$).

Restringindo aos resultados obtidos, para uma parede clara, com absortância de 60% ou menos, a norma de desempenho supracitada exige um valor de transmitância térmica menor ou igual a $3,7 W/m^2 \cdot K$. Enquanto, em paredes externas escuras (com absortância superior a 60%), a norma requer um nível de transmitância ainda menor, o que significa que é necessário aumentar o isolamento térmico da parede para obter uma transmitância térmica menor ou igual a $2,5 W/m^2 \cdot K$, já que mais de 60% da radiação incidente será absorvida.

Retomando às suas características, o conforto térmico é uma preocupação fundamental do *Steel Frame* desde sua criação, já que o sistema foi desenvolvido em países de clima temperado (estações do ano bem definidas e com grandes variações). A fim de evidenciar a eficiência térmica do sistema, elaborou-se, em outubro de 2024 (primavera), um estudo em campo na cidade de Bragança Paulista/SP, coletando os dados térmicos do ambiente, com o uso do termo-hidro-sonômetro-luxímetro-anemômetro (Figura 11), e comparando ao interior de uma edificação em *Steel Frame*. Paralelamente, em outra região do município, foram coletados os mesmos dados em uma estrutura de alvenaria convencional. A comparação teve como objetivo esclarecer qual método construtivo possui uma maior eficiência quanto ao isolamento térmico.

Para coleta, foram separados três dias consecutivos em quatro horários com intervalos de duas horas entre cada um. Importante ressaltar que ambas as estruturas estudadas não possuem forro e esquadrias, apresentando condições semelhantes, a fim de gerar um comparativo mais coerente.



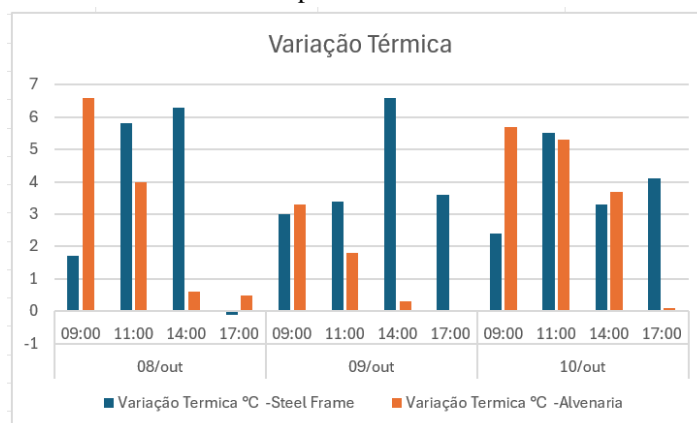
Figura 11 – Termo-hidro-sonômetro-luxímetro-anemômetro registrando a temperatura externa e interna, respectivamente, de um módulo em *Steel Frame* (Fonte: Próprio autor).

Tabela 1 – Análise da variação térmica em diferentes métodos construtivos

DATA	CONDIÇÃO CLIMÁTICA	HORÁRIO	MÉTODO CONSTRUTIVO							
			Steel Frame				Alvenaria			
			TEMPERATURA EXTERNA °C	TEMPERATURA INTERNA °C	VARIAÇÃO TÉRMICA °C	PERCENTUAL RETIDO	TEMPERATURA EXTERNA °C	TEMPERATURA INTERNA °C	VARIAÇÃO TÉRMICA °C	PERCENTUAL RETIDO
08/out	Ensolarado	09:00	37,8	36,1	1,7	4,5%	33	26,4	6,6	20,0%
		11:00	38,9	33,1	5,8	14,9%	33,7	29,7	4	11,9%
		14:00	39,8	33,5	6,3	15,8%	32,8	32,2	0,6	1,8%
		17:00	32,1	32,2	-0,1	-0,3%	32,6	32,1	0,5	1,5%
09/out	Nublado	09:00	28,9	25,9	3	10,4%	28,4	25,1	3,3	11,6%
		11:00	31,5	28,1	3,4	10,8%	28,6	26,8	1,8	6,3%
		14:00	32,5	25,9	6,6	20,3%	28,2	27,9	0,3	1,1%
		17:00	23,7	20,1	3,6	15,2%	25,6	25,6	0	0,0%
10/out	Parcialmente Nublado	09:00	31,5	29,1	2,4	7,6%	28,5	22,8	5,7	20,0%
		11:00	33,9	28,4	5,5	16,2%	27,8	22,5	5,3	19,1%
		14:00	31,3	28,0	3,3	10,5%	26,8	23,1	3,7	13,8%
		17:00	28,4	24,3	4,1	14,4%	24,6	24,5	0,1	0,4%

Fonte: Próprio autor.

Gráfico 1 – Comparativo da variância térmica



Fonte: Próprio autor.

Pode-se entender que o sistema construtivo em LSF possui um índice de transmitância térmica menor comparado ao da alvenaria convencional, como observado nos resultados obtidos e registrados na Tabela 1 e Gráfico 1. Isso se deve ao emprego de isolantes térmicos como as lãs (de vidro, PET ou rocha), XPS (poliestireno extrudado), poliuretano e EPS (poliestireno expandido), observados em acompanhamento em campo (Figura 12), destacando as lãs de PET e de rocha como as mais utilizadas no Brasil.



Figura 12 – Lã de PET instalada em módulo sanitário (Fonte: Próprio autor).

Eficiência Acústica

Considerando o contexto apresentado, observa-se que a tecnologia é eficaz em diversos aspectos. No entanto, ao se avaliar o conforto acústico, é essencial um planejamento cuidadoso, levando em conta o uso adequado de materiais para garantir o nível de conforto necessário, atendendo, ainda, às exigências das normas brasileiras.

Para melhor esclarecimento: Isolamento sonoro ou acústico refere-se à capacidade dos materiais ou sistemas construtivos em formarem uma barreira, atenuando a propagação do som de determinado espaço para os demais (CARMO, 2017). Nesse contexto, o autor ainda afirma que o isolamento é determinado pela lei das massas que, de maneira geral, quanto mais espessa e pesada for uma laje ou parede, menor será a transmissão de ruídos através delas.

Além da utilização de materiais de alta densidade, Carmo (2017) apresenta o sistema construtivo massa-mola-massa, retratado na Figura 13 (massa: material de alta densidade; mola: camada elástica que desempenha função de amortecedor, minimizando vibrações), que inclui materiais absorventes, como lã de PET, lã de rocha, lã de vidro e espumas isolantes, ou uma câmara de ar em seu interior, funcionando como isolante com base no princípio da descontinuidade entre os materiais. Este modelo é adotado pelo LSF, garantindo eficiência, se projetado corretamente, no isolamento acústico.



Figura 13 - Sistema massa-mola-massa (Fonte: Autor).

Para confirmar a viabilidade da eficiência diante aos materiais utilizados, no que tange ao isolamento acústico, é necessário validar informações impostas pelas normas nacionais. É o caso na NBR 15575-4:2021, que trata sobre os requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Nela, os limites, apresentados na Tabela 2, são destacados em função de DnT,w , desempenho mínimo de diferença de nível de pressão sonora ponderada, expresso em decibéis (dB). Dessa forma, quanto maior o índice, melhor o isolamento acústico.

O DnT,w é calculado por $DnT,w = L1 - L2$, em que $L1$ é o nível de pressão sonora na sala de emissão (com a fonte de som) e $L2$ é o nível de pressão sonora na sala de recepção (do outro lado da parede ou piso que está sendo testado).

Tabela 2 - Critérios de desempenho mínimo para o isolamento acústico (DnT,w) em vedações internas, conforme a NBR 15575-4:2021.

Elemento de Separação	Índice de Isolamento Acústico (DnT,w)
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), sem dormitório	≥ 40 dB
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), com pelo menos um dormitório	≥ 45 dB
Parede cega entre dormitório e áreas comuns de trânsito eventual (corredores, escadarias)	≥ 40 dB
Parede cega entre unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual (sem dormitório)	≥ 30 dB
Parede cega entre dormitório/sala e áreas comuns de permanência de pessoas (home theater, salão de festas, ginástica, etc.)	≥ 45 dB
Conjunto de paredes e portas entre unidades habitacionais separadas por hall (sem dormitório)	≥ 40 dB
Conjunto de paredes e portas entre unidades habitacionais separadas por hall (com pelo menos um dormitório)	≥ 45 dB

Fonte: Adaptado de ABNT (2021).

O isolamento acústico eficaz é uma medida crucial para a proteção da saúde auditiva, já que, conforme destaca Carmo (2017), exposições prolongadas a sons com níveis superiores a 85 dB podem resultar em danos auditivos, mesmo que os sons não sejam excessivamente ruidosos.

Resistência ao Fogo

Visando padronizar e garantir a qualidade das construções realizadas em *Steel Frame*, a NBR 16970-1:2022, de acordo com Caroline Ghessi (2024), estabelece parâmetros de desempenhos essenciais para garantir a segurança das edificações, entre eles: segurança ao fogo, tendo o aço tempo suficiente para resistir ao fogo, evitando o colapso; segurança estrutural, no intuito de que a evacuação segura dos ocupantes será possível, graças ao tempo de resistência garantido pela estrutura; e durabilidade e manutenção, requisito que assegura a vida útil da edificação.

Em paralelo, a NBR 14432:2001 define o tempo de resistência ao fogo dos elementos construtivos, como paredes, pisos e coberturas. Esse tempo é medido em minutos e indica quanto tempo um elemento pode resistir às altas temperaturas e à ação do fogo sem perder sua função estrutural ou permitir a passagem de chamas. Para isso, a resistência ao fogo é determinada através de ensaios em laboratório, onde os elementos construtivos são submetidos a condições de incêndio controladas. Durante o ensaio, são monitorados a temperatura, a deformação e o tempo até a perda da função estrutural.

Para determinar o índice de propagação da chama (IP) em materiais de forros e revestimentos, a NBR 9442:1986 avalia a velocidade com que um material inflama e propaga o fogo. A classificação obtida varia de A a E, sendo A a classificação de menor propagação de chama e, conseqüentemente, a mais segura, e E representando a categoria de maior propagação de chama, oferecendo menor proteção contra incêndios.

Conforme observado em visita técnica à fábrica Tecnoframe, em Cotia/SP, realizada em 10 de outubro de 2024, foram informadas que as placas de *drywall* comumente utilizadas

no sistema Steel Frame se enquadram predominantemente na Categoria A e B de reação ao fogo.

Outrossim, é válido ressaltar que a densidade da fumaça emitida durante a queima em um incêndio também é um fator primordial a ser analisado. Para isso, a norma ASTM E662-21 mede a densidade que a mesma é propaganda no ambiente, sendo um fator que pode comprometer a visibilidade e dificultar a evacuação em caso de incêndio. Parceiro da Construção ([s.d.]) conclui que materiais com densidade de fumaça inferior a DM (Densidade Máxima de Fumaça) 450 são considerados mais seguros e, por isso, são os únicos aceitos pelos corpos de bombeiros.

Em complemento, composto por elementos resistentes a chamas ou autoextinguíveis, o sistema *Steel Frame* oferece segurança e flexibilidade em casos de incêndios. Wellington Pereira (2019) informa que materiais como placas cimentícias e *drywall* garantem que as edificações atendam aos requisitos dos Corpos de Bombeiros, que exigem um TRRF (Tempo Requerido de Resistência a Fogo) mínimo de 60 minutos para paredes (internas e externas) e lajes. Ao passo que as placas cimentícias ultrapassam os 120 minutos de resistência ao fogo, as paredes de *drywall*, compostas por duas placas e lã de vidro internamente, oferecem apenas o tempo de resistência mínimo. Para necessidades mais específicas, o uso de placas *drywall* RF (Figura 14) permite alcançar até 120 minutos de resistência.



Figura 14 – Placas de *drywall* RF instaladas no LSF (Fonte: Próprio autor).

Potencial construtivo

A construção em *Steel frame* é versátil, aceita diversos tipos de projetos e é adaptável a diferentes estilos arquitetônicos, superando limitações da alvenaria enquanto mantém suas capacidades. De acordo com Eduardo Luciano de Souza (2014, p.24), o sistema construtivo LSF usufrui da racionalidade, pois todo o processo é simplificado, facilitando a montagem, execução, manuseio e transporte de seus componentes. Quanto à melhora da qualidade final das edificações, é visto uma maior precisão no controle de qualidade, haja vista que os componentes são fabricados em ambientes industriais controlados, proporcionando melhor uniformidade entre as partes.

Consoante Daniel Gispert (2024):

Essa inovação possibilita que projetos que anteriormente seriam impensáveis de serem executados com construção industrializada, como estádios de futebol [Figura 15] ou prédios populares como os da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano), possam ser realizados com custos de até R\$ 2 mil por metro quadrado.



Figura 15 – Arquibancada e módulos operacionais executados em LSF (Fonte: Próprio autor).

Em cenários adversos, como catástrofes naturais ou antropológicas, a construção em *Steel frame* se torna ideal na reparação de danos. Isso porque a rápida montagem e a possibilidade de construção a seco são cruciais para atender às necessidades emergenciais, permitindo que habitações temporárias ou permanentes sejam erguidas rapidamente para abrigar populações afetadas. Além do mais, o método também se destaca em durabilidade e sustentabilidade, o que é especialmente importante em regiões onde os recursos são escassos ou o meio ambiente está comprometido.

Complementarmente, em visita à fábrica da Tecnoframe, também foi apresentado a inovação que o sistema *Steel Frame* traz como diferencial para a arquitetura moderna. O sistema construtivo além de se destacar pela flexibilidade e precisão, permite soluções arquitetônicas personalizadas e de alta performance, como é mostrado na Figura 16. Nesse sentido, a versatilidade do LSF possibilita a execução de projetos com designs arrojados, sem comprometer a eficiência estrutural ou os prazos, proporcionando uma construção competitiva, alinhada às demandas atuais do setor.



Figura 16 – Versatilidade arquitetônica em construções de LSF (Fonte: Próprio autor)

Racionalidade e Sustentabilidade

Vantagens em relação à eficiência na execução, utilização de materiais sustentáveis e redução do impacto ambiental são algumas das vantagens que o sistema LSF consegue proporcionar quando abordadas questões de racionalidade e sustentabilidade. Determinada racionalidade está diretamente relacionada à utilização otimizada de recursos, ao desempenho eficiente no processo construtivo e à adaptação às demandas modernas de construção rápida e prática.

Tendo em vista que as estruturas de *Steel Frame* são fabricadas com precisão milimétrica, há a redução de desperdícios e retrabalhos na obra. Essa exatidão é possível devido ao uso de tecnologia avançada, como softwares de modelagem, que planejam cada detalhe da estrutura, é o que argumenta Marcelo Ribeiro (2024). Desse modo, há uma atenuação da geração de resíduos e da quantidade de materiais empregados na obra.

Além da racionalidade, aspectos positivos pertinentes à sustentabilidade são obtidos. Segundo MOBUSS (2017, apud PINHEIRO, 2023, p. 398), “As vantagens do seu uso, se dá na redução do consumo de água, de resíduos, e contribui para a eficiência energética (...). Essa técnica aumenta a produtividade em até 70% com a eliminação das etapas de aplicação e secagem dos materiais tradicionais”.

Além disso, no Brasil, aproximadamente 25% do aço produzido é reciclado. As estruturas metálicas podem ser desmontadas e reutilizadas em outros locais sem perda de resistência. A produção de aço reciclado consome apenas 40% da energia necessária para a produção a partir da extração do minério de ferro (GHAVARNI, 2014, apud PINHEIRO, 2023, p. 399).

Prazos e custos

Embora o investimento inicial em materiais seja mais elevado nas edificações em *Steel Frame* em relação ao sistema de alvenaria convencional, essa diferença é amplamente compensada pela eficiência do sistema em diversas áreas. Segundo informativo de Marcel Ribeiro (2024), uma pesquisa realizada pelo Blog Light Steel Frame em fevereiro de 2023, com empresas especializadas no setor, estimou que o valor médio da estrutura LSF é R\$ 2.000,00 por metro quadrado. Ainda em fevereiro de 2023, o CUB SP (Custo Unitário Básico da Construção) registrou o valor de R\$ 1.912,60 o metro quadrado da alvenaria tradicional, isso implica que o sistema *Light Steel Frame* apresenta um custo competitivo em relação à alvenaria tradicional, com uma diferença de cerca de 4,5% no preço por metro quadrado.

Ademais, consoante Marcio Benvenuti (2017), o aço galvanizado utilizado nas estruturas garante elevada resistência, ao mesmo tempo em que confere leveza à construção, permitindo uma redução de até 75% nos custos com fundações comparados à alvenaria tradicional, já que podem ser menos profundas e menos complexas devido à menor carga exercida pela estrutura.

Um outro fator a ser considerado é a eficiência no tempo de execução das obras, sendo um dos principais fatores econômicos associados ao *Steel Frame*. O processo de montagem

das estruturas, que é realizado de forma industrializada e com alta precisão, pode reduzir o tempo de construção em até 1/3 comparado a alvenaria, conforme aponta Benvenuti (2017). Com isso, os custos relacionados à mão de obra e à manutenção do canteiro de obras são drasticamente reduzidos. Além disso, por possuir um processo industrializado, o desperdício de materiais é minimizado, uma vez que o sistema é planejado para gerar poucas sobras.

A longo prazo, as vantagens financeiras do *Steel Frame* são ainda mais evidentes. A durabilidade das estruturas, garantida pela resistência do aço galvanizado à corrosão, resulta em edificações que exigem pouca intervenção. Segundo Marcel Ribeiro (2024), estruturas em *Steel Frame* podem possuir uma vida útil de até 300 anos com manutenção mínima. Isso se deve ao uso de revestimentos de alta qualidade, como o aço zincado com revestimento mínimo de 275 g/m², o que representa uma economia substancial em reparos e intervenções corretivas.

Conclusões

Conclui-se que o sistema construtivo em *Steel Frame*, amplamente analisado em diversos aspectos, como composição, etapas do processo construtivo, resistência mecânica, eficiência térmica e acústica, resistência ao fogo, potencial construtivo, racionalidade, sustentabilidade, prazos e custos, representa uma alternativa viável e vantajosa no mercado da construção civil, atendendo desde construções habitacionais populares a grandes estruturas, como observado com o acompanhamento da execução de um estádio de futebol.

As investigações práticas realizadas, incluindo medições térmicas, acompanhamento em campo e visita à fábrica, confirmaram a capacidade deste sistema em oferecer conforto térmico e isolamento acústico, ao mesmo tempo que garante segurança estrutural e resistência ao fogo normativamente exigidos. Além disso, a aplicação do *Steel Frame* contribui significativamente para a redução do impacto ambiental e o uso racional de materiais, mitigando desperdícios, destacando-se ainda pela velocidade, praticidade e eficiência no processo construtivo.

Contudo, o trabalho evidenciou limitações, como o custo inicial elevado, embora o valor do metro quadrado seja próximo ao do sistema de alvenaria convencional, e a necessidade de mão de obra especializada, que podem restringir sua aplicação em alguns contextos. Sugere-se que futuras pesquisas possam explorar métodos de redução de custos e capacitação de profissionais para ampliar a adoção do *Steel Frame*. Por outro lado, recomenda-se a realização de estudos comparativos com outras técnicas construtivas emergentes para avaliar a competitividade do sistema em diferentes ambientes e climas. Essas pesquisas poderiam contribuir ainda mais para a consolidação do *Steel Frame* como uma solução eficaz e sustentável para a construção civil.

Referências Bibliográficas

ABNT. **NBR 15253:2014: Perfis de aço formado a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2014. 24 p. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/24619/abnt->

[nbr15253-perfis-deaco-formados-a-frio-com-revestimento-metalico-para-paineis-estruturais-reticuladosem-edificacoes-requisitos-gerais](#). Acesso em 22 out. 2024.

ABNT. **NBR 15575-4:2021: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas**. Rio de Janeiro, 29 set. 2021. 72 p. Disponível em: <https://normadedesempenho.com.br/download-nbr-15575/>. Acesso em 03 out. 2024.

TIPOS DE painéis na construção em Steel Frame. **Barbieri**. Elementos que compõe um painel. 11 jun. 2020. Disponível em: <https://www.adbarbieri.com/ptbr/blog/tipos-de-paineis-na-construcao-em-steel-frame>. Acesso em 23 out. 2024

BENVENUTTI, Marcio. **Steel Frame reduz custo de fundação em 75%**. 05 jun. 2017. Disponível em: <https://infraroi.com.br/2017/06/05/steel-frame-reduz-custode-fundacao-em-75/>. Acesso em 23 out. 2024.

CARMO, Braian. **Alvenaria ou Steel Frame? Onde tenho mais conforto acústico?** 2017. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/alvenaria-ousteel-frame-onde-tenho-mais-conforto-braian-do-carmo>. Acesso em: 06 out. 2024.

GHESSI, Caroline. **Normas técnicas da construção em Light Steel Frame: requisitos importantes**. 10 set. 2024 Disponível em: <https://www.blog.drystore.com.br/post/normas-tecnicas-da-construcaoem-light-steel-frame-requisitosimportantes#:~:text=No%20%C3%A2mbito%20da%20resist%C3%Aancia%20ao,constru%C3%A7%C3%B5es%20em%20Light%20Steel%20Frame>. Acessado em 27 out. 2024.

GISPERT, Daniel. **Do CDHU aos estádios de futebol: o potencial da construção industrializada**. Como a construção industrializada está revolucionando o setor, reduzindo custos e prazos com inovação e tecnologia avançada. 2024. Disponível em: <https://monitormercantil.com.br/dcdhu-aostadios-de-futebol-o-potencial-da-construcao-industrializada/>. Acesso em 24 set. 2024.

NUDEL, Marcelo. **Transmitância Térmica – Desempenho Térmico de Edificações**. CA2, s.d. Disponível em: <https://ca2.com/desempenho-termico-de-edificacoes/>. Acesso em: 06 out. 2024.

PEREIRA, Wellington. **Vantagens de construir com Steel Frame**. 07 fev. 2019. Disponível em: <https://waprojetos.com/2019/02/07/vantagens-de-construir-com-steelframe/>. Acesso em 19 out. 2024.

PINHEIRO, Nedivaldo de M. **Light Steel Frame: Sustentabilidade e Racionalização**. Volume 6, 2023, p. 391 - 403. Disponível em:

<https://reben.emnuvens.com.br/revista/article/download/119/110/241>. Acesso em: 03 nov. 2024.

RIBEIRO, Marcel. **O que é Steel Frame? Guia completo na construção civil**. 10 set. 2024. Disponível em: <https://maiscontroleerp.com.br/steel-frame-construcao-civil/>. Acesso em 04 nov. 2024.

REAÇÃO ao Fogo: compreenda o comportamento dos materiais de revestimento em contato com o fogo. **Parceiro da Construção**. s.d. Disponível em: <https://blog.parceirodaconstrucao.com.br/reacao-aofogo-compreenda-o-comportamento-dos-materiais-de-revestimento-emcontato-com-o-fogo/>. Acesso em: 25/10/2024

SANTIAGO, Thalita. **O que é Steel Frame: Como Fazer, Vantagens e Desvantagens**. 04 jun. 2021. Disponível em: <https://www.projeto.com.br/posts/o-que-esteel-frame/>. Acesso em: 23 out. 2024.

SOUZA, E. Luciano de. **Construção Civil e tecnologia: Estudo do Sistema construtivo Light Steel Framing**. Construção Civil, Belo Horizonte, set. 2014. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/135.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

SOUZA, Renato. **Steel Frame vs Alvenaria**. 28 mai. 2019. Disponível em: <https://renatosouzaarquitectura.com.br/steel-frame-vs-alvenaria/#:~:text=ISOLAMENTO%20T%C3%89RMICO%3A%20No%20Steel%20Frame,cimento%20tem%20maior%20condutividade%20t%C3%A9rmica>. Acesso em: 06/10/2024.

THOMAZ, A. Claudia. **Desvendando os bastidores de uma construção em Steel Framing**. Espaço Smart, 17 fev. 2023. Disponível em: https://conteudo.espacosmart.com.br/bastidores-construcao-em-steel-framing/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=pmax_treinamentos&utm_content=resp&utm_term=&gad_source=1&gclid=Cj0KCOiArby5BhCDARIsAIIvjIRvz4K0uK5QDXIOqJdy6EWF0bUD24a1qeHLpFSvYhnq7jp3pUw9e0aAhiCEALw_wcB. Acesso em: 10 nov. 2024.

UM BREVE resumo sobre a origem do Steel Frame. **Decorlit**. 15 nov. 2023. Disponível em: <https://decorlit.com.br/2023/11/15/um-breve-resumo-sobre-a-origem-do-steel-frame-2/>. Acesso em: 26 out. 2024.